



HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN

Fakultät:
Bauingenieurwesen/Architektur

Studiengang:
Bauingenieurwesen

Lehrgebiet:
Stahlbau

DIPLOMARBEIT

Bemessung von Stahlkonstruktionen für den Brandfall

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Ch. Wolf

Prof. Dr.-Ing. H. Flederer

Bearbeitungszeitraum: Sommersemester 2011

Eric Heine

geb. 16.11.1986

in Großröhrsdorf

Bildungsweg

1997 – 2003: *Mittelschule Neukirch/Lausitz, Realschulabschluss*

2003 – 2006: *BSZ für Technik Bautzen, Abitur*

2006 – 2007: *Zivildienst, Bauhoftätigkeit bei der Gemeinde Neukirch/Lausitz*

Seit 2007: *HTW Dresden*

2009 – 2010: *Fachpraktikum bei Volkswagen in Pune (Indien)*



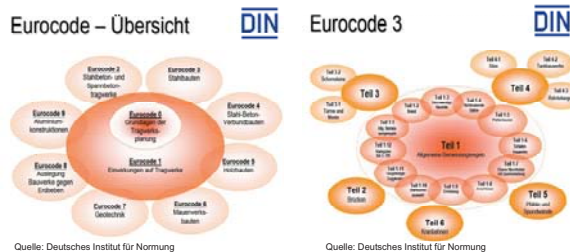
Aufgabenstellung

Mit der Einführung der Eurocodes wird es möglich, für Bauteile oder ganze Systeme eine sogenannte „Heißbemessung“ durchzuführen und auf diese Weise eine ausreichende Tragsicherheit für den Brandfall unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Feuerwiderstandsdauer zu erbringen. Bei der Heißbemessung werden die Entwicklung der Temperatur im Bauteil und damit einhergehenden Veränderungen des Materialverhaltens berücksichtigt. Hierzu liegen unterschiedlich aufwendige Verfahren vor. Im Rahmen der Diplomarbeit sollen für Stahlbauteile die Verfahren der Ebene 2 nach Eurocode 3-1-2 näher untersucht werden und programmtechnisch umgesetzt werden. Davon ausgehend sind für ausgewählte Bauteile die erforderlichen Bekleidungsstärken unterschiedlicher Brandschutzbekleidung zu ermitteln und mit den bisher gültigen Vorgaben der DIN 4102-4 zu vergleichen.

Eurocode

Der Begriff Eurocode bezeichnet die Bemessungs- und Konstruktionsregeln im Bauwesen, welche europaweit zusammengeführt wurden. Die Eurocodes bezeichnen man allgemein als ein europäisch harmonisiertes Regelwerk. Sie stellen eine einheitliche Grundlage für die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauvorhaben, im Besonderen im konstruktiven Ingenieurbau und deren Tragwerksplanung dar. Ähnlich der Erarbeitung der DIN-Normen wurden die Europäischen Normen von führenden Forschern und Gelehrten sowie Ingenieuren und Anwendern ausgearbeitet.

Hauptaugenmerk der wissenschaftlichen Arbeit liegt auf den dritten Teil der Eurocodereihe, welcher sich ausschließlich mit dem Werkstoff Stahl und einhergehend damit Konstruktionen aus Stahl beschränkt.



Bemessungsverfahren - Ebene 2

Die Nachweisebene 2 der DIN EN 1993-1-2 bietet zwei Möglichkeiten die Brandschutzbemessung für Stahlkonstruktionen zu führen.

Die Grundlage des Nachweisverfahrens auf Temperaturebene bildet der Vergleich zwischen der kritischen Stahltemperatur θ_{cr} und der maximal auftretenden Stahltemperatur θ_{max} im Brandfall. Daher wird die Temperaturebene auch als θ_{cr} -Verfahren bezeichnet.

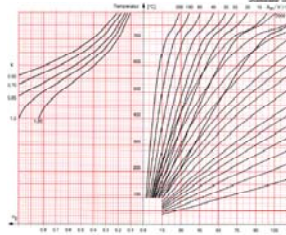
Bei der Variante Temperaturebene vergleicht man den Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung $E_{fi,d}$ mit dem entsprechenden Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des jeweiligen Stahlbauteils im Brandfall $R_{fi,d,t}$ zu einem geforderten Zeitpunkt t . Grundvoraussetzung für die Anwendung dieser Verfahren des vereinfachten Berechnungsverfahrens ist die Annahme einer gleichmäßigen Temperaturverteilung über dem gesamten Stahlquerschnitt.

Vereinfachte Nachweisverfahren der Ebene 2

Vereinfachtes Berechnungsverfahren - Temperaturebene	$\theta_{max} \leq \theta_{a,cr}$
Vereinfachtes Berechnungsverfahren - Temperaturebene	$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$

Nomogramm

Die aufgezeigten Verfahren der vereinfachten Nachweisführung der Ebene 2 der DIN EN 1993-1-2 sowie die Bestimmung der dazugehörigen Faktoren und Parameter sind sehr zeit- beziehungsweise rechenintensiv und mitunter sehr aufwendig. Des Weiteren sind sie für den Anwender in der Praxis mitunter weniger aussagekräftig, da nicht sofort ersichtlich ist, welcher Brandschutzklasse die



Quelle: Europäische Konvention für Stahlbau

jeweilige Stahlkonstruktion zuzuordnen ist. Aufgrund deren Komplexität wurden zur Ermittlung einige Vereinfachungen getroffen. In diesem Zusammenhang wurde ein Nomogramm (siehe Abbildung) entwickelt, welche auf die DIN EN 1993-1-2 beruhen. Mit Hilfe diesem ist eine relativ einfache Ermittlung der wichtigsten Kenndaten möglich und der Rechenaufwand kann stark reduziert werden.

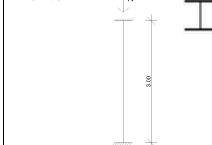
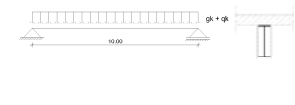
DIN 4102-4

Die DIN 4102-4 beinhaltet im Gegensatz zur DIN EN 1993-1-2 lediglich eine Nachweismethode. Diese ist ähnlich der Nachweisebene 1 des Eurocodes 3 und wird über Tabellen realisiert. In der DIN 4102-4 sind alle wichtigen Baustoffe und Bauteile in den zutreffenden Baustoff- beziehungsweise Feuerwiderstandsklassen zugeordnet und für diese gilt der Brandschutznachweis als erfüllt. Für nicht aufgelistete Baustoffe beziehungsweise Bauteile müssen Prüfungen nach DIN 4102-2 durchgeführt werden, um den Brandschutznachweis für die geforderte Brandschutzklasse zu erfüllen.

Berechnungsbeispiele

Ein Stahlträger eines Bürogebäudes ist mit einer Stützweite von 10 m angegeben. Es handelt sich um einen Einfeldträger mit beidseitiger gelenkiger Lagerung. Auf dem Stahlträger befindet sich eine 20 cm dicke Stahlbetondecke, so dass der Balken als dreiseitig beflammt anzusehen ist. Angestrebt wird eine Feuerwiderstandsklasse R 90 mit einer kastenförmigen Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (20 mm). Vereinfacht wird angenommen, dass die Stahlbetondecke und der Stahlträger nicht schubfest miteinander verbunden sind.

Eine Stahlstütze in einem Lagerhaus mit einer Länge von 3 m soll für Brandschutzklasse R 90 bemessen werden. Sie ist durch eine zentrische Drucknormalkraft belastet und die Brandbeanspruchung erfolgt von allen vier Seiten. Die Brandschutzbekleidung der unten und oben biegesteif angeschlossenen Stahlstütze eines ausgesteiften Rahmentragwerkes besteht aus einer profilfolgenden Spritzputz Verkleidung (20 mm) aus Perlite.



Auswertung

Nachweisverfahren	Beispiel 1	Beispiel 2
Temperaturebene	549,94 °C ≤ 591 °C (20 mm Schichtdicke) 652,49 °C ≤ 591 °C (15 mm Schichtdicke)	512,45 °C ≤ 588 °C (20 mm Schichtdicke) 594,76 °C ≤ 588 °C (15 mm Schichtdicke)
Tragfähigkeitsebene	312,5 kNm ≤ 412,59 kNm (siehe oben) 312,5 kNm ≤ 317,26 kNm (siehe oben)	1500 kN ≤ 1936,38 kN (siehe oben) 1500 kN ≤ 1267,11 kN (siehe oben)
Nomogramm	90 min ≤ 107 min (siehe oben) 90 min ≤ 93 min (siehe oben)	90 min ≤ 108 min (siehe oben) 90 min ≤ 92 min (siehe oben)
DIN 4102-4	30 mm ± 90 Minuten Keine weitere Einsparung möglich	35 mm ± 90 Minuten Keine weitere Einsparung möglich

Aus den aufgezeigten Beispielen lässt sich deutlich ein Vorteil für die Bemessungsvarianten der Europäischen Norm und vor allem dem darauf fußenden Nomogramm erkennen. Es können teilweise Einsparungen von über 50 % des Brandschutzmaterials gegenüber dem Bemessungsverfahren der DIN 4102-4 erzielt werden. Der Vorteil des Zeit- beziehungsweise des Rechenaufwandes kann als gering angesehen werden und steht in keinem Verhältnis zum wirtschaftlichen Faktor. Bewertet man die Ergebnisse unter dem Aspekt, dass es sich um ein vereinfachtes Bemessungsverfahren handelt, können mit angemessenen Rechenaufwand und Berücksichtigung von Einflussfaktoren realitätsnahe Ergebnisse und somit Materialeinsparungen erreicht werden. Dies stellt einen deutlichen Vorteil gegenüber der DIN 4102-4 dar.